

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 541.18 : 537.311

## О ДВИЖЕНИИ ЧАСТИЦ ИОНИТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И КОНЦЕНТРАЦИОННОМ ПОЛЯХ

Борковская Ю. Б., Жарких Н. И., Шилов В. Н.

Показано, что для частиц ионита и для непроводящих частиц с тонким двойным электрическим слоем при  $Re \gg 1$  электрофоретическая и диффузиофоретическая подвижности совпадают и не зависят от формы и размеров частиц.

Скорость электрофореза непроводящих частиц при малых  $Re$  описывается формулой Смолуховского для частиц сколь угодно сложной формы. Это замечательное обстоятельство связано с тем, что в приближении Смолуховского линии напряженности электрического поля обтекают частицу (нормальная к поверхности составляющая электрического  $\nabla_n \varphi$  равна нулю), а скорость электроосмотического скольжения пропорциональна тангенциальной составляющей поля  $\nabla_\theta \varphi$ . При этом электрическое поле и поле скоростей жидкости оказываются подобными, а коэффициентом подобия является отношение скорости электроосмотического скольжения к напряженности электрического поля.

Если  $Re$  не мало, или частица обладает объемной проводимостью, нормальная к поверхности составляющая электрического поля не равна нулю, ионы затекают в двойной электрический слой (ДЭС) или внутрь частицы, подобие между электрическим полем и полем скоростей нарушается. Кроме того, вследствие развития концентрационной поляризации [1] скорость скольжения связана уже не только с тангенциальным электрическим полем, но и с тангенциальным градиентом концентрации  $\nabla_\theta c$ .

Однако, если говорить о непроводящих частицах с большим поверхностным зарядом или о частицах ионита с большой емкостью обмена, то обращает на себя внимание то обстоятельство, что нормальная к поверхности составляющая градиента электрического потенциала для коионов  $\nabla_n \mu_c$  равна нулю, поскольку у поверхности равен нулю нормальный поток коионов. Поэтому, если скорость скольжения жидкости пропорциональна градиенту электрохимического потенциала коионов, то поле скоростей жидкости будет подобно полю  $\nabla \mu_c$ .

Такой случай реализуется для непроводящих частиц при  $Re \gg 1$  (что для тонкого ДЭС, однако, встречается редко) или для частиц ионита, когда их электропроводность, обусловленная исключительно противоионами ( $k_i$ ), намного больше, чем объемная проводимость ( $k_e$ ) среды. В этом случае изменение электрохимического потенциала противоионов внутри частицы мало по параметру  $k_e/k_i$ , так как поток противоионов внутри частицы того же порядка, что и снаружи, а проводимость много больше:  $k_i/k_e \gg 1$ . В таком случае электрохимический потенциал противоионов вдоль поверхности частицы практически постоянен, а единственной движущей силой скольжения является  $\nabla \mu_c$ . Зная, например, из [1] выражения для скорости скольжения под влиянием  $\nabla_\theta \varphi$  и  $\nabla_\theta c$ , можно, помня о линейности задачи, составить выражение для скорости скольжения под влиянием  $\nabla_\theta \mu_c$ :

$$v_\theta = -\frac{\epsilon_0}{2\pi\eta} \frac{RT}{F^2} \left( -\frac{\zeta}{4} + \ln \operatorname{ch} \frac{\zeta}{4} \right) \nabla_\theta \mu_c$$

здесь  $\zeta$  — безразмерный электрокинетический потенциал,  $\eta$  — вязкость, остальные обозначения — общепринятые.

Таким образом, для частицы ионита при  $k_i/k_e \gg 1$ , также как и для непроводящей частицы с тонким ДЭС при  $Re \gg 1$ , поле скоростей жидкости подобно полю  $\nabla \mu_c$ . Скорость частицы по абсолютной величине совпадает со скоростью жидкости на большом расстоянии от частицы и равна

$$v = \frac{\epsilon_0}{2\pi\eta} \frac{RT}{F^2} \left( -\frac{\zeta}{4} + \ln \operatorname{ch} \frac{\zeta}{4} \right) \nabla \mu_c \Big|_\infty$$

независимо от формы частицы.

Эта формула в равной степени справедлива и для электрофореза, в этом случае  $\nabla \mu_c|_\infty = \pm F \nabla \varphi$ , и для диффузиофореза, когда  $\nabla \mu_c|_\infty = \frac{\nabla c}{c_0} RT$ .



## ЛИТЕРАТУРА

1. Духин С. С., Дерягин Б. В. Электрофорез. М.: Наука, 1976, с. 386.

Институт коллоидной химии и химии  
воды АН УССР, Киев

Поступила в редакцию  
21.II.1983

## ON THE MOTION OF THE PARTICLES OF AN ION EXCHANGER IN AN ELECTRIC AND A CONCENTRATION FIELD

*Borkovskaya Yu. B., Zharkyykh N. I., Shilov V. N.*

### Summary

It has been shown that for the particles of an ion exchanger and for the nonconducting particles with a thin double electric layer at  $Re \gg 1$ , the electrophoretic and the diffusio-phoretic mobility coincide and do not depend on the shape and the size of particles.